

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>4</sup> : B41J 3/04, H04R 17/00 H01L 41/08, F04B 43/04	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 87/07218 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 3. Dezember 1987 (03.12.87)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE87/00230 (22) Internationales Anmeldedatum: 19. Mai 1987 (19.05.87)  (31) Prioritätsaktenzeichen: P 36 18 106.4 (32) Prioritätsdatum: 30. Mai 1986 (30.05.86) (33) Prioritätsland: DE  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIE- MENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Post- fach 22 02 61, D-8000 München 22 (DE).  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : HEINZL, Joachim [DE/DE]; Dreisesselbergstrasse 16, D-8000 München 90 (DE).  (81) Bestimmungsstaaten: CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.	Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(54) Title: PIEZOELECTRICALLY OPERATED FLUID PUMP (54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCH BETRIEBENE FLUIDPUMPE		
(57) Abstract <p>The fluid pump described for producing pressures comprises an electrically excitable membrane made of a first piezoelectrically excitable layer and a support layer firmly bound thereto. The membrane has a peripheral piezoelectrically excitable region and a central piezoelectrically excitable region, these regions being excited in such a manner that, in order to cause a projection in the membrane, the latter is shortened by transverse contraction in its peripheral region and is lengthened in its central region.</p> (57) Zusammenfassung <p>Die piezoelektrisch betriebene Fluidpumpe zur Erzeugung von Drücken enthält eine elektrisch ansteuerbare Membran aus einer ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschiicht. Die Membran weist einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich auf, wobei die Bereiche derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihren zentralen Bereich verlängert wird.</p>		

stärken nicht zu einer Umpolarisation führen, sie müssen außerdem über entsprechende Ansteuerschaltkreise schaltbar sein.

- 5 Es ist deshalb üblich eine Spannung von ca. 200 V nicht zu überschreiten. Die Feldstärke sollte dabei kleiner sein als ein Volt je Mikrometer in Gegenrichtung zur Polarisation. Die Abstände zwischen Elektroden an Luft sollten außerdem nicht kleiner als 1  $\mu\text{m}/\text{V}$  sein. Die direkten Längenänderungen, die auf diese Weise erzielbar  
10 sind, sind damit rund 1 % oder etwa 0,2  $\mu\text{m}$  bei einer Schichtdicke von 200  $\mu\text{m}$ , vorausgesetzt, die Keramik ist durch und durch aktiv und nicht etwa durch eine Brennhaut teilweise inaktiv.

15

- Derartige Brennhäute lassen sich bisher nur bei im Stapel gesinterten Keramikfolien vermeiden, wenn man den Rand der innen im Stapel liegenden Folien sowie die außenliegenden Folien entfernt. Bei diesem Verfahren läßt sich  
20 die mechanische Bearbeitung der Keramik und damit die Gefahr von Mikrorissen auf ein Minimum und auf den Rand begrenzen. Die übrigen Oberflächen können ohne Nachbearbeitung so benutzt werden, wie sie aus dem Brennofen kommen.

- 25 Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszubilden bzw. anzusteuern, daß sich ein möglichst großer Hub ergibt.

- Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art gemäß dem kennzeichnenden Teil des ersten Patentanspruches gelöst.  
30

- Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.  
35

Dadurch, daß die Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Bereich und einen piezoelektrisch anregbaren

zentralen Bereich aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem peripheren Bereich durch Querkontraktion verkürzt und in ihrem zentralen Bereich verlängert wird, ergibt sich ein besonders großer Hub. Dieser Hub ist das Ergebnis der Ausnutzung von zwei Wirkungen, nämlich der Ausnutzung der Querkontraktion in der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Durch die Querkontraktion läßt sich der Hub der Membran durch Verringerung der Schichtdicken und Vergrößerung der Längenabmessungen steigern.

Eine besonders vorteilhafte Kraftwirkung ergibt sich, wenn man die Membranbereiche konzentrisch zueinander anordnet, so daß sie sich bei der Anregung warzenartig auswölben. Diese warzenartige Auswölbung stellt die kleinste und kompakteste geometrische Form dar, die von einer ebenen Schicht ausgeht und einen Hohlraum erweitert und schließt. Sie ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht. An der Übergangslinie ändert sich der benötigte Krümmungszustand. Entsprechend sind die Elektroden so angeordnet bzw. die entsprechenden Membranbereiche so polarisiert und über die Elektroden angesteuert, daß sich der periphere Bereich (Kreisring) verkürzt, der zentrale Bereich dagegen verlängert.

Der Rand der Membran verändert bei Auslenkung seine Lage nicht, wegen er fest eingespannt werden kann. Die Biegelinie entspricht im wesentlichen einer Auslenkung unter Innendruck.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind mehrere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membranen auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet, wobei die Ansteuerleitungen für die einzelnen

Membranen über unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen, damit bei der Ansteuerung über diese Ansteuerleitungen keine unerwünschten piezoelektrischen Effekte auftreten.

5

Um den Hub noch weiter zu vergrößern, kann anstelle der Stüttschicht eine weitere piezoelektrische anregbare Schicht angeordnet sein, die jeweils in entgegengesetzter Richtung zu der ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht polarisiert ist. Damit ergibt sich nahezu eine Verdoppelung des Hubes.

10

Mit dem erfindungsgemäßen Antriebselement läßt sich eine besonders wirksame und einfach ansteuerbare Pumpeinrichtung erzeugen. Dazu sind drei miteinander über einen Pumpkanal verbundene Membranen angeordnet, die derart zusammenwirken, daß eine erste Membran als Einlaßventil dient, eine zweite Membran dem veränderlichen Hohlraum zugeordnet ist und eine dritte Membran als Auslaßventil dient.

20

Eine derartig ausgebildete statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern und einem veränderlichen Hohlraum läßt sich z. B. von einem künstlichen Herzen verwenden oder als Schmierstoffhydraulikpumpe zur Erzeugung von hohen Drücken. Die gesamte Vorrichtung läßt sich einfach ansteuern und trotz hoher erzielbarer Drücke klein ausbilden.

25

Weiters ist es möglich, die Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung in Lautsprechern oder als Drucksensor zu verwenden.

30

Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden beispielsweise näher beschrieben. Es zeigen

35

Fig. 1 eine schematische Vergleichsdarstellung zwischen der Verformung einer Membranplatte unter Innendruck und einer Membranplatte mit aufgeprägter Wölbung,

5 Fig. 2 eine erfindungsgemäße Membran im ausgelenkten Zustand,

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Membran im unerregten Zustand,

10

Fig. 4 eine statische Pumpe aus drei miteinander verbundenen Membranen in Draufsicht,

Fig. 5 eine statische Pumpe gemäß Fig. 4 im Querschnitt,

15

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Schichtaufbaues der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

20 Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Schreibkopfes für eine Tintenschreibeinrichtung mit einer Vielzahl auf einem gemeinsamen Substrat angeordneten Membranen als Schreibdüsen.

Ein planarer Wandler aus Piezokeramik wie er in den Fig. 25 2 und 3 dargestellt ist, besteht aus einer piezoelektrisch anregbaren durchgehend in eine Richtung polarisierten Schicht 1 aus Piezokeramik und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützschi-  
30 chte 2, z. B. aus Nickel. Diese so gebildete elektrisch ansteuerbare Membran wird über entsprechende Elektroden 3, 4 angesteuert, wobei die Stützschi-  
35 chte 2 als durchgehende Masseelektrode dient und die eigentlichen Ansteuer-  
elektroden aus einer peripheren Ansteuer-  
elektrode 3 und einer zentralen Ansteuer-  
elektrode 4 bestehen. Diese eigentli-  
chen Ansteuer-  
elektroden 3 und 4 definieren konzentrisch zueinander angeordnete Membranen in Form von Kreisflächen bzw. Kreisringflächen. Durch entsprechende Ansteuerung

6

der Elektroden 3 und 4 wölbt sich die Membran in Arbeits-  
richtung in der in Fig. 2 dargestellten Form, wenn die  
Kreisringelektrode 3 mit ihrem erzeugten elektrischen  
Feld zu einer Kontraktion der Piezokeramikschrift 1 im  
Bereich der Ringelektrode 3 führt und im Bereich der  
Elektrode 4 es zu einer Dehnung der Piezokeramikschrift 1  
kommt.

Dies wird im folgenden anhand der Fig. 1 näher erläutert.

10

Die kleinste und kompakteste geometrische Form, die von  
einer ebenen Schicht ausgeht, nur schwache Krümmungen be-  
nötigt und einen Hohlraum erweitert und schließt, ist ei-  
ne Warze oder eine domartige Auswölbung. Eine derartige  
Form ist rotationssymmetrisch um eine Flächennormale und  
verläßt die Ebene in einer torusförmigen Hohlkehle, die  
in einen linsenförmigen Kugelabschnitt übergeht.

Eine derartige Idealform läßt sich nun dadurch erzeugen,  
daß man eine ebene elastische Membran einem gleichmäßigen  
Innendruck aussetzt. Damit ergibt sich die auf der linken  
Seite der Fig. 1a dargestellte Form mit dem in der Fig.  
1b dargestellten Neigungsverlauf und einem Krümmungsver-  
lauf gemäß Fig. 1c, wobei die Abszisse dem Radius der  
Membranfläche zugeordnet ist.

Um diese ideale Warzenform zu erreichen, sind nun erfin-  
dungsgemäß die Ansteuer Elektroden 3 und 4 in Verbindung  
mit der piezoelektrisch anregbaren Schicht 1 und der  
Stüttschicht 2, die als Masseelektrode dient, so ausge-  
bildet, daß sich näherungsweise diese Idealform bei der  
Auslenkung ergibt.

Zu diesem Zweck ist die kreisförmige Außenelektrode 3 im  
äußeren Krümmungsbereich der Membran angeordnet und wird  
mit einem derartigen elektrischen Feld beaufschlagt, daß  
sich die piezoelektrische Schicht in diesem Krümmungsbe-

reich zusammenzieht. Die konzentrisch dazu angeordnete Innenelektrode 4 wiederum wird mit einem derartigen Feld beaufschlagt, daß sich der zentrale Bereich der Piezokeramikschi-  
5 chicht 1 ausdehnt. Damit werden zwei Effekte gleichzeitig ausgenutzt, nämlich die Querkontraktion der Keramik selbst und die Krümmung des Verbundes benachbarter Schichten, die sich unterschiedlich ausdehnen. Der Krümmungsradius, bis zu dem sich ebene Schichten derartig  
10 verwölben lassen, liegt etwa bei 0,1 m bis 0,4 m, je nachdem wie dünn man die Schichten fertigen kann. Das Verhältnis der Elektrodenflächen zueinander ist nun so dimensioniert, daß sich näherungsweise der gewünschte Verlauf in Fig. 1a ergibt. Dies ergibt eine Neigung gemäß Fig. 1b mit zugehöriger Krümmung Fig. 1c (rechte Seite  
15 Fig. 1).

Wie in den Fig. 2 bis 5 dargestellt, läßt sich mit einem derartigen planaren Wandler aus Piezokeramik eine statische Pumpe mit zwei steuerbaren Sperrschiebern SE und SA  
20 und einem veränderlichen Hohlraum H ausbilden. Zu diesem Zwecke sind auf einer durchgehenden Substratfläche 1 die drei Membranen SE, H, SA ausgebildet. In einer das Substrat A mit seiner zugehörigen Stüttschicht 2 tragenden Trägerschicht T ist ein Pumpkanal P ausgebildet. Dieser  
25 Pumpkanal P steht mit einem Fluidvorrat V (Fig. 4) in Verbindung. In dem Pumpkanal ist im Bereich des Einlaßventiles SE eine Querrippe Q ausgeformt, an die sich im unerregten Zustand die Membran aus Piezokeramik 1 und Stüttschicht 2 anlegt und damit den Kanal verschließt. Im  
30 angeregten Zustand der Membran entsprechend der Fig. 2 hebt sich die Membran warzenförmig ab und öffnet damit den Kanal P.

Derselbe Aufbau wie beim Einlaßventil SE mit der Querrippe Q ergibt sich beim Auslaßventil SA mit der dortigen  
35 Querrippe Q. In dem Pumpkanalabschnitt mit in der Mitte erweiterten Hohlraumbereich PH zwischen dem Einlaßventil

SE und dem Auslaßventil SA befindet sich die eigentliche als Pumpe dienende Membran H, die entsprechend den Membranen der Einlaßventile SE und SA aufgebaut ist. Eine derartig aufgebaute Pumpe wie in den Fig. 4 und 5 läßt sich nun in vorteilhafter Weise z. B. über einen Dreiphasendrehstrom ansteuern und zwar dadurch, daß mit einer ersten Phase in einem Pumpschritt zunächst das Einlaßventil SE geöffnet wird, daß dann durch die Auslenkung der Membran H (2. Phase) Fluid aus dem Vorrat V angesaugt wird und daß dann nach Schließen des Einlaßventiles SE und nach Öffnen des Auslaßventiles SA (3. Phase) durch Betätigung der eigentlichen Pumpmembran H Fluid aus dem Auslaßbereich A ausgestoßen wird.

- 15 Zum Schließen der Sperrschieber SE, SA ist es auch möglich, diese so anzusteuern, daß ihre Membranen unter Vorspannung den Kanal P verschließen. Damit wird ein besonders dichter Verschuß erreicht. Außerdem ist bei einer Ansteuerung in Arbeitsrichtung aus dieser Vorspannung  
20 heraus ein besonders großer Arbeitshub möglich.

Je nach Verwendungszweck läßt sich der Pumpkanal auch in anderer Weise ausbilden. So ist es auch möglich, anstelle der Querrippe Q in dem Einlaß- und im Auslaßventil SE und SA kragenförmige Öffnungen anzuordnen, wobei der Kragen selbst den Kanal bildet. Die Membranfläche legt sich dann im unerregten Zustand in analoger Weise wie auf die Querrippe auf diesen Kragen auf und verschließt so den Auslaß.

30

- Auf eine derartige statische Pumpe sind nun vielerlei Verwendungen möglich. So kann entsprechend der Fig. 7 damit ein Tintenschreibkopf aufgebaut werden, bei dem auf einer einzigen Substratfläche 1, z. B. neun Schreibdüsen  
35 S1 bis S9 angeordnet sind. Jede dieser Schreibdüsen besteht aus einem Einlaßventil SE, einem veränderlichen Hohlraum H und einem Auslaßventil SA. Die Schreibdüsen S1



bis S9 stehen dabei mit dem Vorratsbereich V in Verbindung. Um einen Schreibkopf mit einer größeren Anzahl von Düsen bilden zu können, ist es auch möglich, mehrere Substratflächen mit darauf angeordneten Schreibdüsen übereinander zu packen.

- Bei einem derartigen Tintenschreibkopf sind die Schreibdüsen S1 bis S9 funktionell vollständig von der Tintenversorgung V getrennt. Damit kann ein mechanischer Verschluss der Düsen zwischen Schreibkopf und dem eigentlichen vor dem Schreibkopf angeordneten Papier und der Antrieb dieses Verschlusses entfallen, da die eigentlichen Tintenkanäle durch die Auslaßventile SA geschlossen sind, solange diese Auslaßventile SA nicht angesteuert werden.
- Ein Übersprechen zwischen den Düsen entfällt, da beim eigentlichen Spritzvorgang keine Fließverbindung besteht. Die Spritzvorgänge werden dabei nicht durch die Reflexion im eigentlichen Spritzkanal und nicht durch das Übersprechen von Nachbardüsen begrenzt, sondern nur durch die Eigenwerte der einzelnen Wandlerelemente. Durch statisches Pumpen lassen sich Luftblasen aus dem Tintenkanal P entfernen und leere Kanäle lassen sich dabei elektrisch gesteuert füllen.
- Die beschriebenen statischen Pumpen lassen sich auch zur Versorgung von Schmierstoffen in Lagern verwenden, da die erreichten Drücke sehr hoch sind. Weiters ist es möglich, derartige Pumpen im Bereich der Medizin zum Transport von Blut und anderen Gewebsflüssigkeiten zu verwenden.
- Die Membran allein wiederum läßt sich in einer akustischen Wandlereinrichtung z. B. als Hochtonlautsprecher verwenden. Weiterhin kann eine derartige Vorrichtung als Drucksensor dienen, wobei die durch den Druck auftretende Auslenkung eine an den Elektroden 3 und 4 abgreifbare Spannung verursacht.

Wie in der Fig. 6 dargestellt, lässt sich ein sogenannter steuerbarer Sperrschieber, z. B. ein Einlaßventil SE, ein Auslaßventil SA oder der steuerbare Hohlraum H in einfacher Weise herstellen. Zu diesem Zwecke wird als Substrat  
5 eine dünne Schicht aus Piezokeramik verwendet, auf der die erforderliche Struktur z. B. des Tintenschreibkopfes galvanoplastisch aufgebaut wird. Die Piezokeramikschi-  
10 ktschicht 1 wird zu diesem Zwecke vor dem galvanoplastischen Aufbau polarisiert und geprüft. Danach werden auf der Piezokeramikschi-  
20 ktschicht 1 auf ihrer einen Seite Ansteuer Elektroden 3 und 4, z. B. aus Silber oder Gold fotolithographisch galvanisch strukturiert und auf ihrer anderen Seite die Stüttschicht 2 galvanisch aufgebracht. Auf dieser als Masseelektrode dienenden Stüttschicht wird dann im Be-  
15 reich der Warzen Aluminium (ALU) aufgedampft, das später zwischen den umgebenden Metallschichten herausgeätzt werden kann und so ermöglicht, daß sich die Warze vom Steg Q zwischen den Kanälen löst. Es folgt der galvanische Auf-  
bau der Kanalstruktur in den Lücken eines Photoresist,  
20 das Auffüllen der Kanäle mit einer gegen die Kanalwand W ätzbaren Füllung und das Aufbringen der Trägerschicht T. Auf der Rückseite der Keramik kann auch außerhalb der Elektroden eine weitere Stüttschicht SS aufgebracht werden, die ein Verwerfen des Verbundes bei Temperaturände-  
25 rung verhindert. Hier lassen sich auch Strukturen zum Verbinden und zum Kontaktieren der Elektroden unterbringen, da die Keramik nur im Bereich der Warzen polarisiert ist. Für die Dicke der einzelnen Schichten ergeben sich folgende ungefähre Werte: Piezokeramikschi-  
30 ktschicht (1) 200 µm; Elektroden (3, 4) 10 µm, Silber bzw. Gold; Stüttschicht (2) 100 µm, Nickel; zusätzliche Stüttschicht (SS) 100 µm, Nickel; Zwischenlage (ALU) Aluminium 0,2 µm; Stärke des Pumpkanales (Wände W) 50 µm, Nickel; und Trägerschicht (T) 100 µm, Nickel.

35

12 Patentansprüche

7 Figuren

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Drücken und Volumenströmen mit einer elektrisch ansteuerbaren Membran aus einer  
5 ersten piezoelektrisch anregbaren Schicht (1) und einer fest mit dieser anregbaren Schicht verbundenen Stützs-  
schicht (2),  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
Membran einen piezoelektrisch anregbaren peripheren Be-  
10 reich (3) und einen piezoelektrisch anregbaren zentralen Bereich (4) aufweist, die derart angesteuert werden, daß zum Erzeugen einer Membranauslenkung die Membran in ihrem  
peripheren Bereich (3) durch Querkontraktion verkürzt und  
in ihrem zentralen Bereich (4) verlängert wird.
- 15 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
piezoelektrisch anregbare, durchgehend in einer Richtung  
polarisierte Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine  
20 durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer anderen Seite eine dem Peripheriebereich zugeordnete erste An-  
steuerelektrode (3) und eine dem zentralen Bereich zuge-  
ordnete zweite Ansteuerelektrode (4) aufweist, wobei der  
Peripheriebereich und der Zentralbereich zum Ansteuern  
25 mit unterschiedlichen elektrischen Feldern beaufschlagt werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
30 piezoelektrisch anregbare Schicht (1) auf ihrer einen Seite eine durchgehende Massenelektrode (2) und auf ihrer  
anderen Seite eine gemeinsame Ansteuerelektrode aufweist,  
wobei die peripheren Bereiche und der Zentralbereich un-  
terschiedlich polarisiert sind.
- 35 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die

12

die aktivierbaren Bereiche der Membran (3, 4) konzentrisch zueinander angeordnet sind, so daß sie sich bei Anregung domartig auswölben.

5 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß meh-  
rere einzeln unabhängig voneinander aktivierbare Membran-  
bereiche auf einer gemeinsamen Substratfläche angeordnet  
sind.

10

6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
Ansteuerleitungen für die einzelnen Membranbereiche über  
unpolarisierte Bereiche der Substratfläche führen.

15

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß an-  
stelle der Stützschiicht (2) eine weitere piezoelektrisch  
anregbare Schicht angeordnet ist, die jeweils in entge-  
20 gegengesetzter Richtung zur ersten piezoelektrisch anregba-  
ren Schicht polarisiert ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
25 Vorrichtung als statische Pumpe mit zwei steuerbaren  
Sperrschiebern (SE, SA) und einem veränderlichen Hohlraum  
(H) ausgebildet ist, wobei drei miteinander verbundene  
Membranen derart zusammenwirken, daß eine erste Membran  
als Einlaßventil (E) dient, eine zweite Membran dem ver-  
30 änderlichen Hohlraum (H) zugeordnet ist und eine dritte  
Membran als Auslaßventil (SA) dient.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß die  
35 Vorrichtung als akustische Wandlereinrichtung dient.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

13

dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung als Drucksensor ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8,

5 dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Membranbereiche über die einzelnen Phasen einer Drehstromquelle angesteuert werden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

10 dadurch gekennzeichnet, daß die Membran derart angesteuert wird, daß sie sich entgegen ihrer Arbeitsrichtung auswölbt und so unter Vorspannung anliegt.

15

20

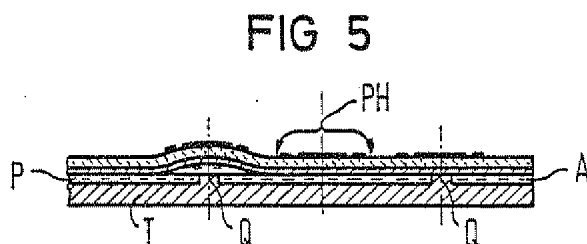
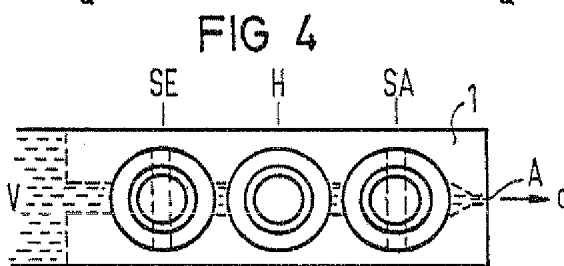
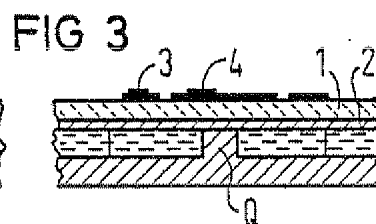
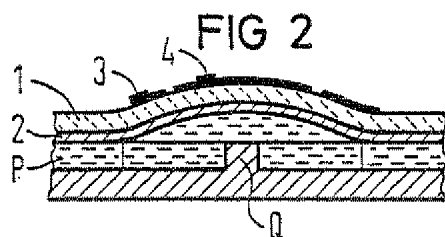
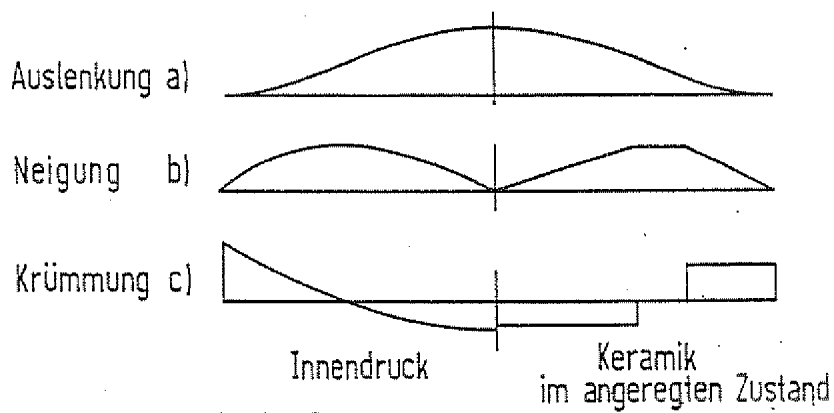
25

30

35

1/2

FIG 1



2/2

FIG 6

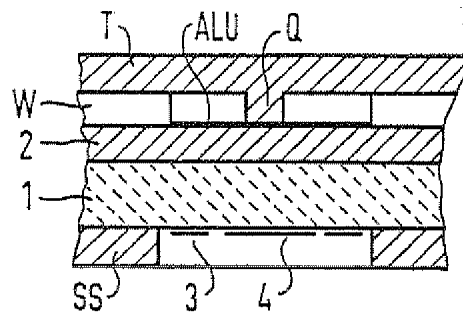
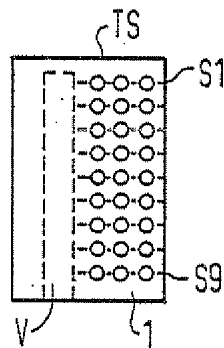


FIG 7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 87/00230

**I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER** (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>  
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC  
Int.Cl.<sup>4</sup> B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04

## II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>

Classification System

Classification Symbols

Int.Cl.<sup>4</sup> B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B

Documentation Searched other than Minimum Documentation  
to the extent that such Documents are included in the Fields Searched <sup>8</sup>

## III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT<sup>9</sup>

Category <sup>*</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 06 December 1984 see pages 3-5; figures 1-4 --	1
A	DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24 September 1959, see the whole document --	1-4, 9, 10
A	Patent Abstracts of Japan, volume 7, No 217 (M-245) (1362) 27 September 1983 & JP, A, 58112747(M. ARAKI) 05 July 1983 --	5, 8
A	DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19 March 1964 --	
A	DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16 January 1969 --	
A	US, A, 4539575 (K. NILSSON) 03 November 1985 see the whole document --	12
A	EP, A, 0145066 (N. V. PHILIPS') 19 June 1985 --	
A	EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 07 December 1983 -----	

<sup>\*</sup> Special categories of cited documents: <sup>10</sup>

"A" document defining the general state of the art which is not  
considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international  
filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or  
which is cited to establish the publication date of another  
citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or  
other means

"P" document published prior to the international filing date but  
later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date  
or priority date and not in conflict with the application but  
cited to understand the principle or theory underlying the  
invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention  
cannot be considered novel or cannot be considered to  
involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention  
cannot be considered to involve an inventive step when the  
document is combined with one or more other such docu-  
ments, such combination being obvious to a person skilled  
in the art.

"Z" document member of the same patent family

## IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search

14 July 1987 (14.07.87)

Date of Mailing of this International Search Report

05 August 1987 (05.08.87)

International Searching Authority

European Patent Office

Signature of Authorized Officer



ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/DE 87/00230 (SA 17178)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 21/07/87

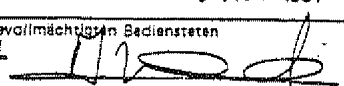
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A- 3320443	06/12/84	None	
DE-B- 1065880		None	
DE-B- 1165667		None	
DE-B- 1287135		None	
US-A- 4539575	03/09/85	EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469	19/12/84 06/12/84 14/01/85
EP-A- 0145066	19/06/85	DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628	05/06/85 18/07/85 08/07/86
EP-A- 0095911	07/12/83	US-A- 4584590	22/04/86

For more details about this annex :  
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 87/00230

<b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationsymbolen sind alle anzugeben) <sup>5</sup> Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC: Int. Cl. 4 B 41 J 3/04; H 04 R 17/00; H 01 L 41/08; F 04 B 43/04		
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. 4	B 41 J; H 04 R; H 01 L; F 04 B	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup></b>		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	DE, A, 3320443 (SIEMENS AG) 6. Dezember 1984, siehe Seiten 3-5; Figuren 1-4	1
A	DE, B, 1065880 (ELECTROACUSTIC) 24. September 1959, siehe das ganze Dokument	1-4, 9, 10
A	Patent Abstracts of Japan, Band 7, Nr. 217 (M-245) (1362) 27. September 1983 & JP, A, 58112747 (M. ARAKI) 5. Juli 1983	5, 8
A	DE, B, 1165667 (SIEMENS & HALSKE) 19. März 1964	
A	DE, B, 1287135 (TELEFUNKEN PATENTVERWERTUNGS GMBH) 16. Januar 1969	
A	US, A, 4539575 (K. NILSSON) 3. September 1985, siehe das ganze Dokument	12
		./.
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen <sup>10</sup> : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist "G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
<b>IV. BESCHEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
14. Juli 1987		- 5 AUG 1987
Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten M. VAN MOL 

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP, A, 0145066 (N.V. PHILIPS'). 19. Juni 1985 --	
A	EP, A, 0095911 (XEROX CORP.) 7. Dezember 1983 -----	

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE

INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR. PCT/DE 87/00230 (SA 17178)

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben. Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 21/07/87

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A- 3320443	06/12/84	Keine	
DE-B- 1065880		Keine	
DE-B- 1165667		Keine	
DE-B- 1287135		Keine	
US-A- 4539575	03/09/85	EP-A- 0128456 DE-A- 3320441 JP-A- 60006469	19/12/84 06/12/84 14/01/85
EP-A- 0145066	19/06/85	DE-A- 3342844 JP-A- 60135262 US-A- 4599628	05/06/85 18/07/85 08/07/86
EP-A- 0095911	07/12/83	US-A- 4584590	22/04/86

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang :  
siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82